

HUKUM BENFORD DAN PENYIMPANGAN PASARAN SAHAM SEMASA PANDEMIK COVID-19 (Benford's Law and Stock Market Deviation during COVID-19 Pandemic)

SHAR NIZAM SHARIF & SAIFUL HAFIZAH JAAMAN*

ABSTRAK

Taburan umum digit pelopor signifikan Hukum Benford secara amnya adalah sangat pencong ke arah digit yang lebih kecil dan mengikuti taburan logaritma khusus. Digit pelopor signifikan Hukum Benford telah digunakan secara meluas sebagai alat analisis forensik untuk mengesan penyelewengan data, penipuan dan manipulasi berdasarkan kepada sesuatu ujian keakuran. Kajian ini memanfaatkan ujian keakuran Hukum Benford sebagai kaedah statistik yang digunakan untuk menilai sama ada set data mengikut atau menyimpang daripada corak teori taburan Hukum Benford. Objektif kajian adalah untuk menyiasat keakuran taburan digit pelopor signifikan pertama dan kedua indeks FBMKLCI dan SSEC sama ada mengikut taburan jangkaan Hukum Benford atau tidak semasa berlakunya pandemik COVID-19 berdasarkan ujian keakuran min sisihan mutlak. Hipotesis nol taburan kedua-dua indeks akur kepada Hukum Benford ditolak jika nilai kiraan adalah lebih besar daripada nilai kritikal. Keputusan kajian mendapati nilai ujian keakuran min sisihan mutlak bagi taburan pasaran saham menyimpang daripada corak taburan logaritma Hukum Benford. Kajian menyimpulkan kedua-dua indeks pasaran FBMKLCI dan SSEC taburan digit pelopor signifikan pertama dan kedua bagi kedua-dua pasaran FBMKLCI dan SSEC tidak akur kepada Hukum Benford semasa berlakunya wabak pandemik COVID-19 di Malaysia dan China. Ketidakakuran kepada Hukum Benford memberi implikasi mengenai integriti dan keblehpercayaan data pasaran saham selain menekankan anomali pasaran dan kelakuan pelabur.

Kata kunci: Hukum Benford; ujian keakuran; digit pelopor pertama; digit pelopor kedua; min sisihan mutlak

ABSTRACT

The general distribution of Benford's Law significant leading digits is commonly skewed towards the smaller digits and follows a specific logarithmic distribution. A General Significant Leading Digit of Benford's Law has been widely applied as a forensic analytical tool to detect data deviation, fraud, and manipulation based on a certain conformity test. This study utilizes Benford's Law conformity testing as a statistical method to assess whether a data set follows or deviates from Benford's Law theoretical distribution pattern. The objective of this study is to investigate the conformity of the first and second significant leading digits of FBMKLCI and SSEC indices whether they follow the expected distribution of Benford's Law or not during the occurrence of the COVID-19 pandemic based on the mean absolute deviation conformity test. The null hypothesis of both stock market indices conforming to Benford Law distribution will be rejected if the calculated value is greater than the critical value. Results of the study for both the FBMKLCI and SSEC market indices showed that the distribution of the first and second leading digits of both markets did not conform to Benford's Law distribution during the outbreak of the COVID-19 pandemic in Malaysia and China. In addition to highlighting market anomalies and investor behaviour, noncompliance with Benford's Law has repercussions for the integrity and reliability of stock market data.

Keywords: Benford's Law; conformity test; first leading digit; second leading digit; mean absolute deviation

1. Pengenalan

Fenomena Hukum Benford Klasik ditemui oleh Simon Newcomb dalam tahun 1881 apabila beliau menyedari bahawa buku jadual logaritma adalah usang dan koyak pada muka surat pertama berbanding muka surat yang lain. 57 tahun kemudian dalam tahun 1938, fenomena ini juga diamati dan dikaji oleh seorang ahli fizik bernama Frank Benford yang secara kebetulan telah menemui hukum logaritma Newcomb.

Benford merupakan pengkaji pertama yang membuktikan hukum logaritma Newcomb secara empirik dan telah mempopularkannya sebagai “Hukum Benford”. Benford telah mengamati 20 contoh berbeza dengan sejumlah 20,229 pemerhatian termasuk data kos dan kadar kematian. Berdasarkan kajian beliau, Benford telah membuat rumusan bahawa kekerapan perkadaran digit pelopor signifikan (nilai kiri ekstrem tunggal dalam satu data) berlaku dijangka bertaburan logaritma dan pencong ke arah digit yang lebih kecil (Hill 1995). Secara global, Hukum Benford Klasik yang ditemui oleh Benford (1938) terkenal sebagai Fenomena Digit Pertama. Hukum Benford diwakili oleh Persamaan (1) untuk semua digit pertama $d_1 = 1, 2, \dots, 9$.

$$P(D_1 = \{d_1\}) = \log_{10}(1 + d_1^{-1}) \quad (1)$$

Digit pelopor signifikan pertama merupakan nilai kiri ekstrem tunggal dalam satu data yang dibentangkan, $d_1 = 1, 2, \dots, 9$ (Nigrini 2012). D_1 menandakan digit perpuluhan pelopor signifikan pertama, sebagai contoh:

$$\begin{aligned} D_1(\sqrt{2}) &= D_1 = (1.414\dots) = 1 \\ D_1(\pi^{-1}) &= D_1 = (0.3183\dots) = 3 \\ D_1(e^\pi) &= D_1 = (23.14\dots) = 2 \end{aligned}$$

Secara teori, Persamaan (1) menegaskan bahawa taburan digit pelopor pertama Hukum Benford Klasik adalah sangat pencong ke arah digit pelopor signifikan yang lebih kecil (Berger & Hill 2011). Contoh 1 membuktikan Persamaan (1) dan Rajah 1 menunjukkan taburan teori Hukum Benford Klasik secara visual.

- Contoh 1:

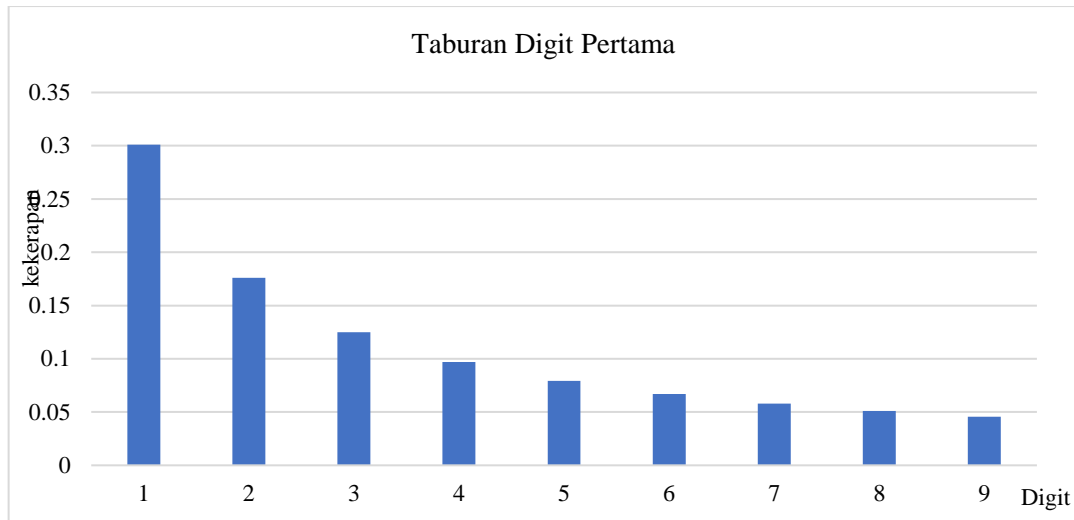
$$P(D_1 = 1) = \log_{10}(2) = 0.3010$$

$$P(D_1 = 2) = \log_{10}\left(\frac{3}{2}\right) = 0.1760$$

⋮
⋮
⋮

$$P(D_1 = 8) = \log_{10}\left(\frac{9}{8}\right) = 0.05115$$

$$P(D_1 = 9) = \log_{10}\left(\frac{10}{9}\right) = 0.04575$$



Rajah 1: Taburan logaritma fenomena digit pertama

Hukum Benford kini digunakan secara meluas untuk memerangi manipulasi data, anomali data dan penyelewengan data dalam pelbagai bidang terutamanya dalam perakaunan, ekonomi dan kewangan (Ley 1996; Giles 2007; Bradley & Farnsworth 2009; Nigrini 2017; Koch & Okumura 2020). Objektif utama kajian ini adalah untuk menilai sama ada taburan harga tutup harian indeks komposit Kuala Lumpur Bursa Malaysia (FBMKLCI) dan indeks komposit Bursa Saham Shanghai (SSEC) akur atau tidak terhadap digit pelopor signifikan taburan Hukum Benford.

2. Kajian Kepustakaan

Ley (1996) adalah pengkaji pertama yang menyiasat perhubungan di antara indeks pasaran saham dengan Hukum Benford Klasik, mengamati taburan pulangan harian indeks Perindustrian Dow Jones (DJIA) dari tahun 1900 hingga 1993 dan indeks S&P 500 dari tahun 1926 hingga 1993. Beliau membandingkan dapatan empirik dengan kekerapan taburan Hukum Benford Klasik menggunakan ujian keakuratan khi kuasa dua dan mendapati taburan kedua-dua indeks tidak akur terhadap taburan Hukum Benford Klasik. Dapatan yang serupa diperolehi oleh Rodrigues (2004). Beliau dengan jelas menyatakan bahawa berlakunya pengaruh manusia terhadap data merupakan punca utama ketidakakuratan dengan Hukum Benford dan menyumbang secara signifikan kepada penyelewengan data.

Krakar dan Žgela (2009) menggunakan Hukum Benford Klasik mengkaji harga tutup saham dan pusing ganti saham syarikat yang disenarai dalam pasaran saham Zagreb mendapati data pusing ganti mematuhi Hukum Benford Klasik manakala data harga tutup saham tidak. Mereka mencadangkan kemungkinan wujud faktor psikologi mempengaruhi harga tutup harian saham yang memandu ke arah berlakunya penyelewengan data. Kajian oleh Corazza *et al.* (2010) juga memberikan keputusan yang sama. Menurut Corazza dan rakan-rakan merumuskan wujudnya gelagat ketakalanan (*uncertainty*) dalam pasaran saham.

Sebaliknya, kajian oleh Zhao dan Wu (2010) ke atas data pulangan harian indeks komposit pasaran saham Shanghai di China dari tahun 1990 hingga 2009 mendapati indeks komposit pasaran saham Shanghai akur kepada Hukum Benford dan tidak menunjukkan sebarang gelagat yang boleh dikaitkan kepada berlakunya penyelewengan data.

Lobão dan Pereira (2016) meneliti sembilan indeks pasaran saham Eropah untuk

memperoleh sebarang petunjuk berkenaan halangan psikologi yang mungkin berlaku. Keputusan kajian mereka menunjukkan tiada sebarang penyelewengan data berlaku terhadap pusing ganti harian, volum dagangan harian dan bilangan dagangan harian saham kecuali indeks pasaran saham Jerman, Belanda dan Finland. Selain itu, keputusan yang menunjukkan pulangan logaritma asli harian tidak menunjukkan keakuran terhadap taburan teori Benford Klasik memberi bayangan wujudnya penyelewengan data. Keputusan ini disokong oleh kajian Jayasree (2017) ke atas dagangan saham dan pulangan saham komponen Nifty Fifty bagi tempoh selama lima tahun.

Semasa pandemik Coronavirus-19, Hukum Benford telah digunakan untuk menaksir jumlah kes jangkitan yang disahkan dan kematian yang dilaporkan. Kajian oleh Coeurjolly (2020), Idrovo dan Manrique-Hernández (2020), Koch dan Okumura (2020), Lee *et al.* (2020), Miranda (2020) serta Wei dan Vellwock (2020) mendapati tiada manipulasi data berlaku pada jumlah kes jangkitan dan kematian yang dilaporkan sepanjang wabak pandemik Covid-19. Namun, Ghafari *et al.* (2020) dan Kapoor *et al.* (2020) menemui bukti sebaliknya menunjukkan berlakunya manipulasi data terhadap kes jangkitan dan kematian yang dilaporkan oleh kerajaan autoritarian. Kajian berkenaan pandemik Covid-19 yang menggunakan Hukum Benford dalam menaksir kesahihan terutamanya ke atas laporan kes jangkitan yang dilakukan setiap hari oleh negara-negara di dunia menunjukkan keputusan yang bercampur-aduk. Pemerhatian ini boleh memberi kesan isyarat yang pelbagai dan berbeza kepada masyarakat terutamanya kepada masyarakat pelabur di seluruh dunia. Baker *et al.* (2020) menyatakan keputusan yang tidak konsisten telah menyebabkan berlakunya kerosakan yang besar terhadap ekonomi dunia yang dipantulkan dalam perubahan harga pasaran saham dunia yang eratik.

3. Data dan Metodologi

Taburan harga tutup harian indeks komposit Kuala Lumpur Bursa Malaysia (FBMKLCI) dan indeks komposit Bursa Saham Shanghai (SSEC) telah dipilih bagi menilai keakuran terhadap digit pelopor signifikan taburan Hukum Benford. Analisis ujian keakuran dilaksanakan bermula dari 18 Mac 2020 sehingga 18 Julai 2020 semasa wabak COVID-19 berlaku. Sun dan Hou (2019) mendapati pasaran kewangan di rantau Asia Tenggara iaitu Malaysia, Vietnam dan Thailand adalah sangat bersepadu dari segi kewangan dengan China. Menurut Morales dan Andreosso-O'Callaghan (2012) adalah semakin bergantung antara satu sama lain, justeru krisis yang berlaku di sesebuah negara akan merebak dan memberi kesan kepada negara yang lain. Peristiwa seperti wabak penyakit berjangkit boleh mendorong kepada perubahan negatif dalam sentimen pelabur seterusnya memberi kesan kepada keputusan pelaburan yang diambil. Kes COVID-19 yang telah disahkan oleh kerajaan memberi kesan buruk secara signifikan kepada prestasi indeks pasaran saham utama dunia terutama di Asia yang menunjukkan penurunan ketara dalam pulangan abnormal (Liu *et al.* 2020).

Untuk melaksanakan ujian keakuran bermula dengan membuat hipotesis bahawa data harga tutup harian indeks FBMKLCI dan indeks SSEC akur mengikut taburan Hukum Benford. Ujian min sisihan mutlak (*Mean Absolute Deviation (MAD)*) digunakan untuk menilai keakuran data mengikut taburan digit pelopor signifikan taburan Hukum Benford. Langkah-langkah pelaksanaan ujian keakuran adalah:

- (1) Susun digit pelopor signifikan pertama dan kedua bagi harga tutup harian indeks FBMKLCI dan indeks SSEC berdasarkan kekerapan yang dicerap. Digit pelopor signifikan ialah nilai kiri ekstrem tunggal dalam satu data.
- (2) Kira nilai kebarangkalian jangkauan digit pelopor signifikan pertama dan kedua berdasarkan Hukum Benford seperti yang ditunjukkan dalam Persamaan (1).

- (3) Kira nilai kebarangkalian sebenar kekerapan frekuensi bagi kekerapan perkadaran digit-digit pelopor signifikan pertama dan kedua menerusi hasil bahagi nilai dalam Langkah (1) dengan jumlah pemerhatian dalam data.
- (4) Kira nilai keakuran menggunakan ujian keakuran min sisihan mutlak (MAD).
- (5) Hasil nilai keakuran dalam Langkah (4) digunakan untuk membuat keputusan sama ada hipotesis nol kajian iaitu data harga tutup harian indeks FBMKLCI dan SSEC akur mengikut taburan Hukum Benford ditolak atau gagal ditolak.

MAD ialah ukuran keakuran Hukum Benford yang mengabaikan bilangan rekod, N . Ujian keakuran MAD dilaksanakan menggunakan Persamaan (2) (Larsen 2017).

$$|M| = \frac{\sum_{i=1}^K |A-E|}{K} \quad (2)$$

dengan A menandakan kekerapan perkadaran digit pelopor signifikan sebenar yang diperoleh dalam data indeks FBMKLCI dan SSEC, E menandakan jangkakan kekerapan perkadaran digit pelopor signifikan bagi indeks FBMKLCI dan SSEC dan K mewakili bilangan digit pelopor yang signifikan. Terdapat tiga bahagian kepada MAD. Sisihan dalam pengangka perbezaan di antara kekerapan perkadaran sebenar dengan jangkakan bagi setiap digit pelopor pertama dan kedua yang signifikan. Fungsi mutlak ($| \ |$) mewakili sisihan diberi tanda positif tanpa mengira sama ada sisihan tersebut positif atau negatif. Seperti yang dapat diamati dalam Persamaan (2), pengangka mewakili sisihan mutlak daripada penjumlahan digit pelopor signifikan. Sementara, penyebut mewakili jumlah bilangan digit pelopor signifikan iaitu 9 (1,2,3, ..., 9) untuk digit pelopor signifikan pertama dan 10 untuk digit pelopor signifikan kedua (0,1,2, ..., 9). Secara matematik, Persamaan (2) ialah purata (min) sisihan mutlak. Semakin tinggi MAD, semakin besar perbezaan purata di antara perkadaran sebenar dengan jangkakan, timbal balas. Jadual 1 memberi julat nilai kritikal MAD untuk digit pelopor signifikan pertama dan kedua (Nigrini 2012). Hipotesis nol akan ditolak jika nilai MAD melebihi julat ketidakakuran.

Jadual 1: Nilai kritikal dan rumusan untuk nilai MAD

Digit	Julat	Rumusan
Pertama	0.000 hingga 0.006	Keakuran rapat
	0.006 hingga 0.012	Keakuran boleh terima
	0.012 hingga 0.015	Keakuran boleh terima marginal
	0.015 dan keatas	Ketidakakuran
Kedua	0.000 hingga 0.008	Keakuran rapat
	0.008 hingga 0.010	Keakuran boleh terima
	0.010 hingga 0.012	Keakuran boleh terima marginal
	0.012 dan keatas	Ketidakakuran

4. Keputusan

Sebagai rujukan, Jadual 2 memberikan tata tanda matematik dengan definisi.

Jadual 2: Definisi tata tanda matematik

Tata Tanda	Definisi
$D_n = d_n$	Digit pelopor signifikan
$f_o(D_1)$	Kekerapan digit pelopor signifikan pertama diperoleh daripada data
$f_o(D_2)$	Kekerapan digit pelopor signifikan kedua diperoleh daripada data
$P(D_1)$	Nilai kebarangkalian teori digit pelopor signifikan pertama mengikut Hukum Benford
$P(D_2)$	Nilai kebarangkalian teori digit pelopor signifikan kedua mengikut Hukum Benford
$f_t(D_1)$	Nilai kebarangkalian sebenar digit pelopor signifikan pertama diperoleh daripada data
$f_t(D_2)$	Nilai kebarangkalian sebenar digit pelopor signifikan kedua diperoleh daripada data
$ M (D_1)$	Ujian keakuran MAD untuk digit pelopor signifikan pertama
$ M (D_2)$	Ujian keakuran MAD untuk digit pelopor signifikan kedua
T	Jumlah bilangan

Sebagai rumusan, Jadual 3 memberi keputusan kekerapan perkadaran dan ujian keakuran MAD untuk FBM KLCI sementara Jadual 4 memberi kekerapan perkadaran dan ujian keakuran MAD untuk SSEC.

Jadual 3: Kekerapan perkadaran dan ujian keakuran FBM KLCI

$D_n = d_n$	$f_o(D_1)$	$f_o(D_2)$	$P(D_1)$	$P(D_2)$	$f_t(D_1)$	$f_t(D_2)$	$ M (D_1)$	$ M (D_2)$
0	*	0	*	0.11968	*	0	*	0.11968
1	82	0	0.30103	0.11389	1	0	0.69897	0.11389
2	0	4	0.17609	0.10882	0	0.04878	0.17609	0.06004
3	0	32	0.12494	0.10433	0	0.39024	0.12494	0.28591
4	0	17	0.09691	0.10031	0	0.20732	0.09691	0.10701
5	0	28	0.07918	0.09668	0	0.34146	0.07918	0.24478
6	0	1	0.06695	0.09337	0	0.01220	0.06695	0.08117
7	0	0	0.05799	0.09035	0	0	0.05799	0.09035
8	0	0	0.05115	0.08757	0	0	0.05115	0.08757
9	0	0	0.04576	0.085	0	0	0.04576	0.085
T	82	82	1	1	1	1	0.15533	0.12754

Jadual 4: Kekerapan perkadaran dan ujian keakuran SSEC

$D_n = d_n$	$f_o(D_1)$	$f_o(D_2)$	$P(D_1)$	$P(D_2)$	$f_t(D_1)$	$f_t(D_2)$	$ M (D_1)$	$ M (D_2)$
0	*	2	*	0.11968	*	0.02439	*	0.09529
1	0	1	0.30103	0.11389	0	0.012195	0.30103	0.10169
2	69	2	0.17609	0.10882	0.84146	0.02439	0.66537	0.08443
3	13	4	0.12494	0.10433	0.15854	0.04878	0.03360	0.05555
4	0	4	0.09691	0.10031	0	0.04878	0.09691	0.05153
5	0	0	0.07918	0.09668	0	0	0.07918	0.09668
6	0	1	0.06695	0.09337	0	0.01220	0.06695	0.08117
7	0	14	0.05799	0.09035	0	0.17073	0.05799	0.08038
8	0	35	0.05115	0.08757	0	0.42683	0.05115	0.33926
9	0	19	0.04576	0.085	0	0.23171	0.04576	0.14671
T	82	82	1	1	1	1	0.15533	0.11327

Merujuk kepada Jadual 3 dan Jadual 4, senarai bagi kesemua digit pelopor signifikan telah disenaraikan dalam lajur $D_n = d_n$. Pemerhatian jumlah frekuensi sebenar untuk $D_n = d_n$ diperoleh dalam data dan ditunjukkan dalam lajur $f_o(D_1)$ bagi digit pelopor signifikan pertama dan $f_o(D_2)$ bagi digit pelopor signifikan kedua. Kebarangkalian jangkaan untuk $D_n = d_n$ ditunjukkan dalam lajur $f_t(D_1)$ digit pelopor signifikan pertama dan $f_t(D_2)$ bagi digit pelopor signifikan kedua. $P(D_1)$ dan $P(D_2)$ ialah nilai jangkaan diperoleh menerusi Persamaan (1). Frekuensi kebarangkalian sebenar bagi digit pelopor signifikan pertama dan kedua diperoleh menerusi Langkah (3) dalam langkah-langkah pelaksanaan ujian keakuran. $|M|(D_1)$ dan $|M|(D_2)$ diperoleh menerusi langkah-langkah pelaksanaan ujian keakuran yang diberikan dalam Persamaan (2) dengan A menandakan kekerapan perkadaran digit pelopor signifikan sebenar yang masing-masing diwakili oleh $f_t(D_1)$ dan $f_t(D_2)$ bagi digit pelopor signifikan pertama dan kedua untuk FBM KLCI dan SSEC. Sebagai contoh, pengiraan bagi $|M|(D_1)$ untuk FBM KLCI ditunjukkan menerusi Contoh 2 dan langkah yang sama digunakan untuk memperoleh hasil pengiraan $|M|(D_1)$ untuk SSEC dan $|M|(D_2)$ untuk FBM KLCI dan SSEC.

- Contoh 2: Pengiraan ujian keakuran bagi FBM KLCI untuk digit pelopor pertama signifikan.

$$\begin{aligned} |M|(D_1) &= \frac{\sum_1^9 |f_t(D_1) - P(D_1)|}{9} \\ &= \frac{|(1 - 0.30103)| + |(0)| + |(0)| + \dots + |(0)|}{9} \\ &= 0.15533 \end{aligned}$$

Nilai yang ditanda dalam barisan (T) merupakan keputusan akhir yang digunakan untuk menentukan kakuran indeks pasaran saham dengan membandingkan dengan nilai julat ketidakakuran yang diberikan dalam Jadual 1.

Bagi indeks FBMKLCI, nilai kiraan MAD untuk digit pelopor signifikan pertama dan kedua adalah masing-masing 0.15533 dan 0.12754. Bagi kedua-dua digit pelopor signifikan, nilai MAD yang dikira adalah melebihi nilai kritikal julat ketidakakuran iaitu 0.015 bagi digit pelopor signifikan pertama dan 0.012 bagi digit pelopor signifikan kedua. Berdasarkan ujian keakuran MAD hipotesis nol ditolak. Ini bermakna taburan data FBMKLCI tidak akur kepada jangkaan taburan Hukum Benford semasa pandemik COVID-19.

Manakala, untuk indeks SSEC nilai pengiraan MAD untuk digit pelopor signifikan pertama dan kedua masing-masing adalah 0.15533 dan 0.11327. Untuk kedua-dua digit pelopor signifikan, nilai kiraan MAD adalah melebihi nilai kritikal 0.015 dan 0.012. Oleh itu, berdasarkan ujian keakuran MAD, hipotesis nol ditolak bermaksud taburan data indeks SSEC semasa pandemik COVID-19 tidak akur kepada jangkaan taburan Hukum Benford.

Berdasarkan kepada Druica *et al.* (2018), Nigrini (2017) dan Barney and Schulzke (2016), keputusan yang diperoleh untuk kedua-dua indeks FBMKLCI dan SSEC bukan bertujuan untuk memberi kenyataan berkenaan salah nyata atau penipuan atau pun berkaitan dengan strategi audit. Sebaliknya, keputusan berkenaan kedua-dua indeks hanyalah untuk memberi gambaran berkenaan tahap keakuran taburan indeks kedua-dua pasaran dalam masa terhad semasa berlakunya peristiwa luar jangka pandemik COVID-19.

Namun, kajian menyelidiki potensi-potensi yang mempengaruhi kepada keputusan ketidakakuran pasaran saham kepada taburan Hukum Benford. Pertama, potensi yang membawa kepada ketidakakuran pasaran saham FBMKLCI dan SSEC semasa berlakunya wabak pandemik COVID-19 ialah disebabkan kemeruapan melampau pasaran seperti yang dikaji oleh Baker *et al.* (2020). Baker *et al.* (2020) memanfaatkan kaedah Hukum Benford terhadap indeks pasaran saham Amerika Syarikat. Semasa tempoh pandemik wabak COVID-19, wujudnya ketidaktentuan pasaran saham yang belum pernah terjadi sebelum ini ekoran harga dan indeks pasaran saham mengalami penurunan dan kenaikan yang luar biasa. Fenomena ini telah diperhatikan juga oleh Manu dan Shetty (2022) yang mengkaji impak COVID-19 ke atas prestasi pasaran saham India dengan menggunakan kaedah Hukum Benford. Menurut Farhadi dan Lahooti (2021) dan Jalan *et al.* (2021), andaian konvensional yang mengandaikan terdapat kestabilan pasaran semasa wabak pandemik COVID-19 mungkin tidak benar, maka telah mengakibatkan ketidakakuran digit pelopor signifikan dalam data terhadap taburan logaritma yang dijangkakan oleh teori Hukum Benford.

Potensi kedua yang mengakibatkan ketidakakuran pasaran saham FBMKLCI dan SSEC kepada Hukum Benford ialah disebabkan oleh gangguan ekonomi yang berlaku buat pertama kalinya oleh wabak pandemik COVID-19. Umum mengetahui bahawa wabak pandemik COVID-19 dikesan buat pertama kalinya pada penghujung tahun 2019. Hal ini ditekankan oleh Cerqueti dan Provenzano (2023) yang memanfaatkan kaedah Benford's Law dalam menilai kebolehpercayaan data ekonomi pelancongan Bandar Sicily dalam tempoh wabak COVID-19. Menurut Cerqueti dan Provenzano (2023) lagi, penutupan perniagaan yang berleluasa dan perubahan mendadak tingkah laku pengguna semasa tempoh wabak COVID-19 telah mengganggu ekonomi. Sementara itu, perubahan mendadak dalam ekonomi mampu menyebabkan kemeruapan dalam harga indeks pasaran saham (Bora & Basistha 2021; Ashraf 2020). Maka, kajian menyimpulkan gangguan ekonomi semasa wabak pandemik COVID-19 telah menyebabkan ketidakakuran pasaran saham terhadap Hukum Benford ekoran ketidakselarasan indeks pasaran saham.

Akhir sekali, keputusan kajian yang menunjukkan ketidakakuran taburan digit pelopor signifikan pertama dan kedua dalam indeks pasaran saham FBMKLCI dan SSEC terhadap Hukum Benford ialah disebabkan oleh potensi campur tangan dan rangsangan kerajaan setempat. Perkara ini ditekankan oleh Kilani (2021) dan Adam dan Tsarsitalidou (2022) yang memparaktikan kaedah Hukum Benford untuk membuktikan tentang penglibatan kerajaan setempat dalam memanipulasikan data semasa tempoh wabak pandemik COVID-19 demi kepentingan ekonomi dan politik. Penekanan ini turut dipersetujui oleh Natashekara (2022) dan Eutsler *et al.* (2023) yang mengatakan kerajaan setempat telah melaksanakan dan menggubal pelbagai dasar dan pakej rangsangan ekonomi untuk mengurangkan kesan pandemic COVID-19. Menurut Balashov (2021) dan Mahasuar (2021), memanipulasikan data kewangan merupakan contoh tindakan politik yang diambil kerajaan setempat dalam mengawal kesan pandemik. Hal ini menjadikan mustahil untuk taburan indeks pasaran saham semasa tempoh wabak COVID-19 akur kepada fenomena semulajadi seperti teori taburan Hukum Benford.

Secara am, kepentingan keputusan kajian ialah mengenalpasti nilai tahap keakuran taburan indeks pasaran saham terhadap Hukum Benford. Hal ini penting kerana ketidakakuran taburan indeks pasaran saham terhadap Hukum Benford memberitahu bahawa terdapat potensi untuk aktiviti manipulasi dan penyelewengan data kewangan wujud semasa wabak COVID-19 melanda dunia. Dengan hasil keputusan, kajian boleh diteruskan untuk menilai saiz potensi manipulasi dan implikasi yang mempengaruhi penyimpangan taburan indeks pasaran saham pada era pre, semasa dan pasca COVID-19.

5. Kesimpulan

Kajian ini menyiasat keakuran taburan digit pelopor signifikan pertama dan kedua indeks FBMKLCI mewakili pasaran saham Malaysia dan indeks SSEC mewakili pasaran saham China berdasarkan kepada ujian keakuran taburan digit pelopor signifikan Hukum Benford dalam masa berlakunya pandemik COVID-19. Keputusan kajian bagi kedua-dua indeks pasaran saham menunjukkan dalam tempoh pandemik dari 18 Mac hingga 18 Julai 2020 taburan harga harian bagi indeks kedua-dua pasaran tidak akur kepada Hukum Benford. Namun, kajian ini tidak melanjutkan siasatan bagi mengenal pasti sebab terjadinya keputusan sebegini. Sungguhpun begitu, seperti yang telah diketahui kini, pandemik COVID-19 telah membawa pelbagai jenis cabaran kepada kehidupan manusia. Jangkitan wabak yang pantas dengan kematian yang meningkat telah menyebabkan dunia melaksanakan perintah kawalan pergerakan. Kejutan demi kejutan yang melanda disebabkan oleh wabak COVID-19 telah menyebabkan ekonomi dunia terbantut dan orang ramai menjadi panik. Trend ekonomi yang merudum mencorakkan sentimen pelabur menjadi pesimis dan sangat berhati-hati. Pelabur dipengaruhi oleh kebimbangan berkenaan pulangan yang bakal diperolehi di masa hadapan, perasaan cemas menyebabkan mereka keluar dari pasaran. Tindakan luar jangka pelabur berkemungkinan membawa kepada ketidakpastian mengenai arah aliran pasaran. Tuntasnya, kesan ketidakpatuhan kepada Hukum Benford rentetan daripada wabak COVID-19 telah menyuntik tahap kebolehpercayaan dan integriti data pasaran indeks. Kajian telah menekankan potensi-potensi kesan ketidakakuran kepada Hukum Benford semasa tempoh wabak COVID-19 iaitu kemeruapan melampau pasaran, gangguan ekonomi yang belum pernah dilihat sebelum ini dan aktiviti manipulasi data akibat daripada campur tangan serta rangsangan kerajaan setempat dalam mengawal pasaran.

Penghargaan

Kertas kerja ini dibentang dalam persidangan ICMS5 dibiayai oleh Jabatan Sains Matematik, Fakulti Sains Teknologi.

Rujukan

- Adam A. & Tsarsitalidou S. 2022. Data misreporting during the COVID19 crisis: The role of political institutions. *Economics Letters* **213**: 110348.
- Ashraf B.N. 2020. Economic impact of government interventions during the COVID-19 pandemic: International evidence from financial markets. *Journal of Behavioral and Experimental Finance* **27**: 100371.
- Baker S.R., Bloom N., Davis S.J., Kost K., Sammon M. & Viratyosin T. 2020. The unprecedented stock market reaction to COVID-19. *The Review of Asset Pricing Studies* **10**(4): 742-758.
- Balashov V.S., Yan Y. & Zhu X. 2021. Using the Newcomb–Benford law to study the association between a country's COVID-19 reporting accuracy and its development. *Scientific Reports* **11**(1): 22914.
- Barney B.J. & Schulzke K.S. 2016. Moderating “Cry Wolf” events with excess MAD in Benford’s Law research and practice. *Journal of Forensic Accounting Research* **1**(1): A66–A90.
- Benford F. 1938. The law of anomalous numbers. *Proceedings of the American Philosophical Society* **78**(4): 551–572.
- Bradley J.R. & Farnsworth D.L. 2009. What Is Benford’s Law?. *Teaching Statistics* **31**(1): 2-6.
- Berger A. & Hill T.P. 2011. A basic theory of Benford’s law. *Probability Surveys* **8**(1): 1–126.
- Bora D. & Basistha D. 2021. The outbreak of COVID-19 pandemic and its impact on stock market volatility: Evidence from a worst-affected economy. *Journal of Public Affairs* **21**(4): e2623.
- Cerqueti R. & Provenzano D. 2023. Benford's Law for economic data reliability: The case of tourism flows in Sicily. *Chaos, Solitons & Fractals* **173**: 113635.
- Coeurjolly J.-F. 2020. Digit analysis for Covid-19 reported data. *ArXiv Preprint ArXiv:2005.05009*.
- Corazza M., Ellero A. & Zorzi A. 2010. Checking financial markets via Benford’s law: the S&P 500 case. Dlm. Corazza M. & Pizzi C. (pnyt.). *Mathematical and Statistical Methods for Actuarial Sciences and Finance*: 93-102. Milano: Springer.
- Druică E., Oancea B. & Vâlsan C. 2018. Benford’s law and the limits of digit analysis. *International Journal of*

- Accounting Information Systems* **31**: 75-82.
- Eutsler J., Harris M.K., Williams L.T. & Cornejo O.E. 2023. Accounting for partisanship and politicization: Employing Benford's Law to examine misreporting of COVID-19 infection cases and deaths in the United States. *Accounting, Organizations and Society* **108**: 101455.
- Farhadi N. & Lahooti H. 2021. Pandemic growth and benfordness: Empirical evidence from 176 countries worldwide. *COVID* **1**(1): 366-383.
- Ghafari M., Hejazi B., Karshenas A., Dascalu S., Kadvidar A., Khosravi M.A., Abbasalipour M., Heydari M., Zeinali S., Ferretti L., Ledda A. & Katzourakis A. 2020. Ongoing outbreak of COVID-19 in Iran: Challenges and signs of concern with under-reporting of prevalence and deaths. *MedRxiv*.
- Giles D.E. 2007. Benford's law and naturally occurring prices in certain ebaY auctions. *Applied Economics Letters* **14**(3): 157–161.
- Hill T.P. 1995. A Statistical derivation of the sidnificant-digit law. *Statistical Science* **10**(4): 354–363.
- Idrovo A.J. & Manrique-Hernández E.F. 2020. Data quality of Chinese surveillance of COVID-19: Objective analysis based on WHO's situation reports. *Asia-Pacific Journal of Public Health* **32**(4): 165-167.
- Jalan A., Matkovskyy R. & Yarovaya L. 2021. "Shiny" crypto assets: A systemic look at gold-backed cryptocurrencies during the COVID-19 pandemic. *International Review of Financial Analysis* **78**: 101958.
- Jayasree M. 2017. Stock trading and stock returns: Understanding the distributional properties of the numbers—The evidence from India Nifty Fifty. *Jindal Journal of Business Research* **6**(2): 171–185.
- Kapoor M., Malani A., Ravi S. & Agarwal, A. 2020. Authoritarian governments appear to manipulate COVID data. *ArXiv:2007.09566*.
- Kilani A. 2021. Authoritarian regimes' propensity to manipulate Covid-19 data: a statistical analysis using Benford's Law. *Commonwealth & Comparative Politics* **59**(3): 319-333.
- Koch C. & Okumura K. 2020. Benford's Law and COVID-19 reporting. *Economic Letters* **196**: 109573.
- Krakar Z. & Žgela M. 2009. Application of Benford's Law in payment systems auditing. *Journal of Information and Organizational Sciences* **33**(1): 39–51.
- Larsen J.E. 2017. Benford's Law and earnings management detection: The case of REITs. *Journal of Forensic & Investigative Accounting* **9**(2): 779-790.
- Lee K.B., Han S. & Jeong Y. 2020. COVID-19, flattening the curve, and Benford's law. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications* **559**: 125090.
- Ley E. 1996. On the peculiar distribution of the U.S. stock indexes' digits. *The American Statistician* **50**(4): 311-313.
- Lobão J. & Pereira C. 2016. Looking for psychological barriers in nine European stock market indices. *Dutch Journal of Finance and Management* **1**(1): 1–14.
- Liu H., Manzoor A., Wang C., Zhang L. & Manzoor Z. 2020. The COVID-19 outbreak and affected countries stock markets response. *International Journal of Environmental Research and Public Health* **17**(8): 1–19.
- Mahasuar K. 2021. Lies, damned lies, and statistics: The uncertainty over COVID-19 numbers in India. *Knowledge and Process Management* **29**(4): 410–417.
- Manu K.S. & Shetty A.S. 2022. Impact of COVID-19 on the performance of Indian stock market: An empirical analysis. *Jindal Journal of Business Research* **11**(2): 175-186.
- Miranda A.T. 2020. World's distribution of Covid-19 cases and the Benfords Law. *An International Multidisciplinary Double-Blind Peer-Reviewed Research Journal* **2**(4): 26–28.
- Morales L. & Andreosso-O'Callaghan B. 2012. The current global financial crisis: Do Asian stock markets show contagion or interdependence effects? *Journal of Asian Economics* **23**(6): 616–626.
- Natashekara K. 2022. COVID-19 cases in India and Kerala: a Benford's law analysis. *Journal of Public Health* **44**(2): e287-e288.
- Nigrini M.J. 2012. Benford's Law: Application for Forensic Accounting, Auditing, and Fraud Dectection. Dlm. Wells J.T. (pnyt.). Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Nigrini M.J. 2017. Audit sampling using Benford's Law: A review of the literature with some new perspectives. *Journal of Emerging Technologies in Accounting* **14**(2): 29–46.
- Rodriguez R.J. 2004. Reducing false alarms in the detection of human influence on data. *Journal of Accounting, Auditing & Finance* **19**(2): 141–158.
- Sun J. & Hou J.W. 2019. Monetary and financial cooperation between China and the One Belt One Road Countries. *Emerging Markets Finance and Trade* **55**(11): 2609–2627.
- Wei A. & Vellwock A.E. 2020. Is COVID-19 data reliable? A statistical analysis with Benford's. Preprint.
- Zhao S. & Wu W. 2010. Does Chinese stock indices agree with Benford's law? *2010 International Conference on Management and Service Science*, pp. 1-3.

*Department of Mathematical Sciences
Faculty of Science and Technology
Universiti Kebangsaan Malaysia
43600 UKM Bangi
Selangor DE, MALAYSIA
E-mail: sharnizamsharif@gmail.com, shj@ukm.edu.my**

Received: 22 May 2023

Accepted: 9 September 2023

*Corresponding author